

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 4 月 21 日 (21.04.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/036619 A1

(51) 国際特許分類⁷: H01L 21/027, G03F 7/20, G02B 19/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/014323

(22) 国際出願日: 2004 年 9 月 30 日 (30.09.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-350399 2003 年 10 月 9 日 (09.10.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331
東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 豊田 光紀 (TOY-
ODA, Mitsunori) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区
丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山口 孝雄 (YAMAGUCHI, Takao); 〒1010048
東京都千代田区神田司町二丁目 10 番地 第一ビル
Tokyo (JP).

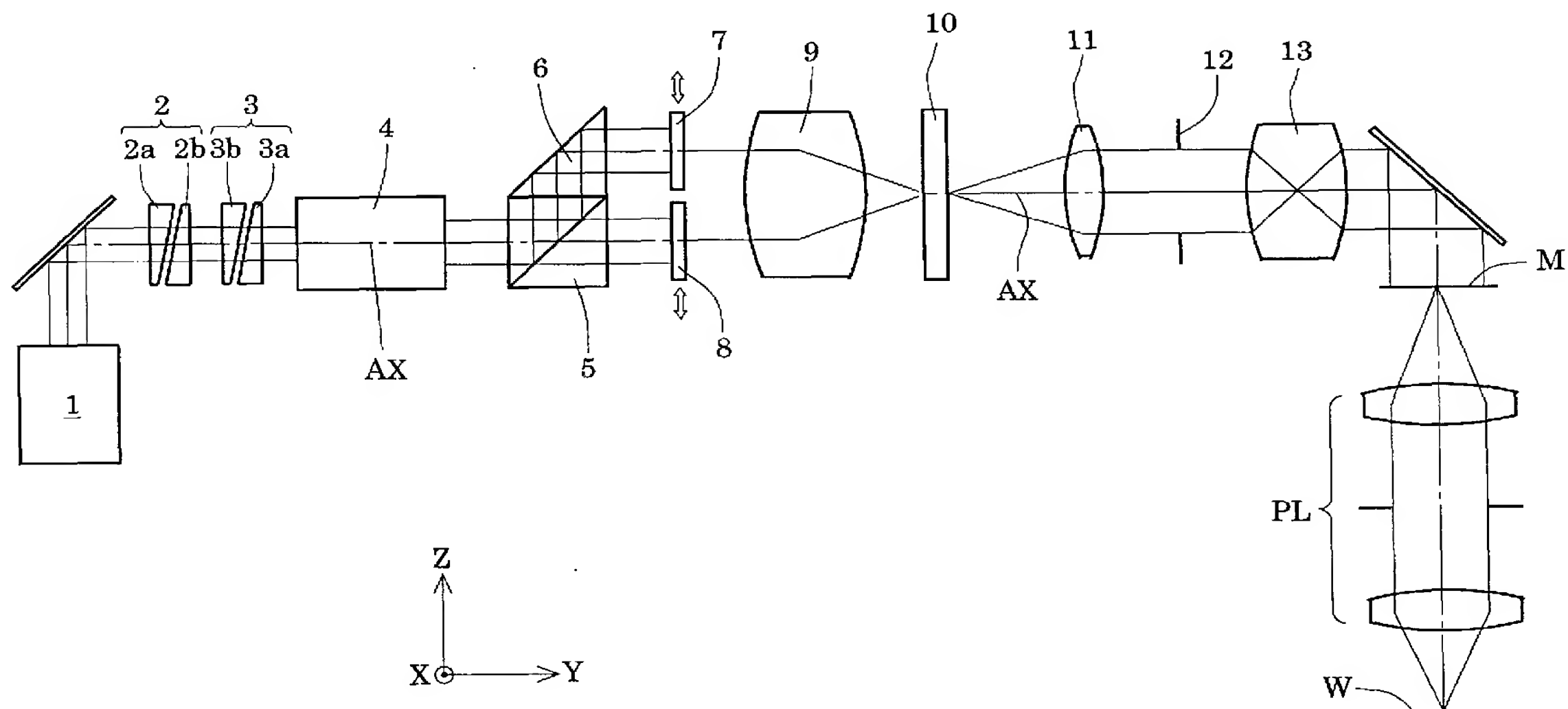
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

[続葉有]

(54) Title: ILLUMINATION OPTICAL DEVICE, AND EXPOSURE DEVICE AND METHOD

(54) 発明の名称: 照明光学装置、露光装置および露光方法



(57) Abstract: An illumination optical device that realizes, when mounted for example on an exposure device, an illumination condition suitable for a mask pattern where two kinds of patterns having different characteristics are mixed. The illumination optical device has a first light flux conversion element (7) for converting light flux from a light source section (1) to light flux having a first cross-sectional shape corresponding to a first region on an illumination pupil surface, a second light flux conversion element (8) for converting the light flux from the light source section to light flux having a second cross-sectional shape corresponding to a second region on the illumination pupil surface, a beam splitter (5) for splitting the light flux from the light source section and guiding each of the split light flux to the first light flux conversion element and the second light flux conversion element, and intensity changing means (2, 3, 5) for changing the ratio between the intensity of light reaching the first region through the first light flux conversion element and the intensity of light reaching the second region through the second light flux conversion element.

[続葉有]

WO 2005/036619 A1



IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類：
— 国際調査報告書

(57) 要約： たとえば露光装置に搭載された場合に、特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンに適した照明条件を実現する。光源部(1)からの光束を照明瞳面上の第1領域に対応する第1断面形状の光束に変換するための第1光束変換素子(7)と、光源部からの光束を照明瞳面上の第2領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子(8)と、光源部からの光束を分割して第1光束変換素子および第2光束変換素子へそれぞれ導くためのビームスプリッター(5)と、第1光束変換素子を介して第1領域に達する光の強度と第2光束変換素子を介して第2領域に達する光の強度との比を変更するための強度変更手段(2, 3, 5)とを備えている。

明 細 書

照明光学装置、露光装置および露光方法

技術分野

- [0001] 本発明は照明光学装置、露光装置および露光方法に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に関する。

背景技術

- [0002] この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ(またはマイクロレンズアレイ)を介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源(一般には照明瞳面における所定の光強度分布)を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。
- [0003] コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光(転写)される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。
- [0004] そこで、フライアイレンズの後側焦点面に円形状の二次光源を形成し、その大きさを変化させて照明のコヒーレンシ σ (σ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径、あるいは σ 値＝照明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数)を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの後側焦点面に輪帯状や4極状の二次光源を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述のような従来露光装置では、マスクのパターン特性に応じて、円形状の二次光源に基づく通常の円形照明を行ったり、輪帯状や2極状や4極状の二次光源に基づく変形照明(輪帯照明や2極照明や4極照明)を行ったりしている。しかしながら、特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件を光量損失を抑えつつ実現することができなかった。

[0006] 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、たとえば露光装置に搭載された場合に、特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンに適した照明条件を光量損失を抑えつつ実現することのできる照明光学装置を提供することを目的とする。また、本発明は、たとえば特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンに適した照明条件を実現することのできる照明光学装置を用いて、マスクのパターン特性に応じて実現された適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことのできる露光装置および露光方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、光源部からの光束に基づいて被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源部からの光束の光路中に配置されて、前記光束を第1断面形状の光束に変換する第1光束変換素子と、

前記光源部からの光束の光路中に配置されて、前記光束を第2断面形状の光束に変換する第2光束変換素子と、

前記第1光束変換素子からの前記第1断面形状の光束と前記第2光束変換素子からの前記第2断面形状の光束との光路中に配置されて、前記第1断面形状の光束を前記照明光学装置の照明瞳面上の第1領域へ導くと共に、前記第2断面形状の光束を前記照明瞳面上の前記第1領域とは異なる第2領域へ導く集光光学系と、

前記光源部と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、前記第1領域に達する光束の偏光状態と前記第2領域に達する光束の偏光状態とを独立に制御するための偏光状態変更手段を備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

[0008] また、本発明の第2形態では、被照射面を照明する照明光学装置において、照明瞳面上の第1領域の偏光状態と前記照明瞳面上の第2領域の偏光状態とを

独立に制御するための偏光状態制御手段を備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

- [0009] 本発明の第3形態では、被照射面を照明する照明光学装置において、
光源部からの光束を照明瞳面上の第1領域に対応する第1断面形状の光束に変換するための第1光束変換素子と、
前記光源部からの光束を前記照明瞳面上の第2領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子と、
前記光源部からの光束を分割して前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子へそれぞれ導くためのビームスプリッターと、
前記第1光束変換素子を介して前記第1領域に達する光の強度と前記第2光束変換素子を介して前記第2領域に達する光の強度との比を変更するための強度変更手段とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。
- [0010] 本発明の第4形態では、被照射面を照明する照明光学装置において、
光源部からの光束を照明瞳面上の第1領域に対応する第1断面形状の光束に変換するための第1光束変換素子と、
前記光源部からの光束を前記照明瞳面上の第2領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子とを備え、
前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子は照明光路に対してそれぞれ交換可能に構成されていることを特徴とする照明光学装置を提供する。
- [0011] 本発明の第5形態では、光源部からの光束に基づいて被照射面を照明する照明光学装置において、
前記光源部と前記被照射面との間に配置されて、前記光源部からの光束の偏光状態の変動を防止する偏光変動解消手段を備え、
前記偏光変動解消手段は、前記光源部からの光束を偏光状態に応じて分割する偏光ビームスプリッターと、該偏光ビームスプリッターにより分割された光束の偏光状態を揃える偏光調整部材と、前記偏光ビームスプリッターにより分割された光束を合成する光束合成光学系とを有することを特徴とする照明光学装置を提供する。
- [0012] 本発明の第6形態では、マスクを照明するための第1形態～第5形態の照明光学装

置を備え、前記マスクのパターンを感光性基板上に露光することを特徴とする露光装置を提供する。

- [0013] 本発明の第7形態では、第1形態～第5形態の照明光学装置を介してマスクを照明する照明工程と、照明された前記マスクに形成されたパターンを感光性基板上に露光する露光工程とを含んでいることを特徴とする露光方法を提供する。

発明の効果

- [0014] 本発明の照明光学装置では、たとえば2以上の光束変換素子と集光光学系と偏光状態変更手段の作用により、照明瞳面上の第1領域の偏光状態と第2領域の偏光状態とを独立に制御することができる。また、偏光ビームスプリッターと2以上の光束変換素子と偏光ビームスプリッターへの入射光の偏光状態を調整する偏光状態調整手段との作用により、照明瞳面上の第1領域に達する光の強度と第2領域に達する光の強度との比を変更することができる。
- [0015] したがって、たとえば露光装置に本発明の照明光学装置を搭載した場合、特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンに適した照明条件を、光量損失を抑えつつ実現することができる。また、本発明の照明光学装置を用いる露光装置および露光方法では、特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンに適した照明条件を実現することができるので、マスクのパターン特性に応じて実現された適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいては高いスループットで良好なデバイスを製造することができる。
- [0016] また、本発明の照明光学装置を用いる露光装置および露光方法では、縦または横方向偏光と45度または135度方向偏光との偏光状態を別々に調整することが可能であるので、照明光路中や投影光路中に配置される光路折曲げミラーによる偏光状態の崩れを良好に補正して露光を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

[図2]第1実施形態において照明瞳面に形成される輪帯状の3極状の二次光源を示す図である。

[図3]第1実施形態において照明瞳面に形成される5極状の二次光源および変形輪帯状を示す図である。

[図4]本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

[図5]第1実施形態の変形例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

[図6]第2実施形態の変形例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

[図7]第1または第2実施形態の変形例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

[図8]図7に示した変形例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。

[図9]図7に示した変形例において照明瞳面に形成される8極状の二次光源を示す図である。

[図10]マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

[図11]マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハWの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。

[0019] 第1実施形態の露光装置は、露光光(照明光)を供給するための光源1を備えている。光源1として、たとえば248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザ光源や193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザ光源などを用いることができる。光源1からZ方向に沿って射出されたほぼ平行な光束は、折り曲げミラーによりY方向

に偏向された後、第1プリズム組立体2および第2プリズム組立体3を介して、ビームマッチングユニット4に入射する。

[0020] 第1プリズム組立体2は、くさび形状の第1水晶プリズム2aと、この第1水晶プリズム2aと相補的な形状を有するくさび形状の第1石英プリズム2bとにより一体的に構成されている。同様に、第2プリズム組立体3は、くさび形状の第2水晶プリズム3aと、この第2水晶プリズム3aと相補的な形状を有するくさび形状の第2石英プリズム3bとにより一体的に構成されている。第1プリズム組立体2および第2プリズム組立体3は、光軸AXを中心としてそれぞれ回転可能に構成されている。第1プリズム組立体2および第2プリズム組立体3の作用については後述する。

[0021] 一方、ビームマッチングユニット4は、光源1から供給された平行ビームを所定の断面形状を有する平行ビームに整形するためのビーム整形手段、光源1から供給された平行ビームの光軸AXに対する角度を調整するためのビーム角度調整手段、光源1から供給された平行ビームを光軸AXに対して平行移動させるためのビーム平行移動手段などを内蔵している。すなわち、ビームマッチングユニット4は、入射光束を適切な大きさおよび形状の断面を有する光束に変換しつつ後段の偏光ビームスプリッター5へ導くとともに、偏光ビームスプリッター5へ入射する光束の位置変動および角度変動をアクティブに補正する機能を有する。

[0022] ビームマッチングユニット4に後続するプリズム型の偏光ビームスプリッター5には、反射手段としての直角プリズム6が付設されている。直角プリズム6は、偏光ビームスプリッター5からの反射光を反射して、偏光ビームスプリッター5の透過光の光路と平行な光路に沿って導くように位置決めされている。したがって、偏光ビームスプリッター5に入射した光のうち、その偏光分割面で反射されたS偏光の光は、直角プリズム6の反射面で反射された後、第1回折光学素子7に入射する。一方、偏光ビームスプリッター5に入射した光のうち、その偏光分割面を透過したP偏光の光は、第2回折光学素子8に入射する。

[0023] 一般に、回折光学素子は、基板に露光光(照明光)の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、第1回折光学素子7は、矩形状の断面を有する平行光束が入射

した場合に、そのファーフールド(またはフラウンホーファー回折領域)に円形状の光強度分布を形成する機能を有する。また、第2回折光学素子8は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファーフールドにX方向に沿って間隔を隔てた2極状の光強度分布を形成する機能を有する。

[0024] 第1回折光学素子7および第2回折光学素子8は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ特性の異なる他の第1回折光学素子および第2回折光学素子と交換可能に構成されている。第1回折光学素子7および第2回折光学素子8を介した光束は、ズームレンズ9を介して、その後側焦点面の近傍に入射面が配置されたマイクロレンズアレイ(またはフライアイレンズ)10にそれぞれ入射する。すなわち、ズームレンズ9は、第1回折光学素子7および第2回折光学素子8とマイクロレンズアレイ10の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置している。

[0025] マイクロレンズアレイ10は、縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロレンズアレイは、たとえば平行平板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。ここで、マイクロレンズアレイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロレンズアレイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ(微小屈折面)が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロレンズアレイはフライアイレンズと同じ波面分割型のオプティカルインテグレータである。

[0026] こうして、第1回折光学素子7を介した光束は、ズームレンズ9の後側焦点面に(ひいてはマイクロレンズアレイ10の入射面に)、たとえば光軸AXを中心とした円形状の照野を形成する。同様に、第2回折光学素子8を介した光束は、ズームレンズ9の後側焦点面に(ひいてはマイクロレンズアレイ10の入射面に)、たとえば光軸AXを中心としてX方向に沿って間隔を隔てた2つの円形状の照野からなるX方向2極状の照野を形成する。

[0027] マイクロレンズアレイ10に入射した光束は二次元的に分割され、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面には、図2(a)に示すように、入射光束によって形成される照野と

同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした円形状の実質的な面光源31aと、光軸AXを中心としてX方向に沿って間隔を隔てた2つの円形状の実質的な面光源31bとからなるX方向3極状の二次光源(31a, 31b)が形成される。

[0028] マイクロレンズアレイ10の後側焦点面(照明瞳面)に形成されたX方向3極状の二次光源からの光束は、コンデンサー光学系11の集光作用を受けた後、マスクブラインド12を重畳的に照明する。こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド12には、マイクロレンズアレイ10を構成する各微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。マスクブラインド12の矩形状の開口部(光透過部)を介した光束は、結像光学系13の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスクMを重畳的に照明する。

[0029] こうして、結像光学系13は、マスクブラインド12の矩形状開口部の像をマスクM上に形成することになる。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハW上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面(XY平面)内においてウェハWを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。第1実施形態では、ズームレンズ9の焦点距離が変化すると、二次光源の全体が相似的に拡大または縮小される。

[0030] 上述したように、第2回折光学素子8は、光軸AXを中心としてX方向に沿って間隔を隔てた2極状の二次光源を形成するX方向2極照明用の回折光学素子を構成している。なお、X方向2極照明用の第2回折光学素子8に代えて、Z方向2極照明用の第2回折光学素子8a(不図示)を照明光路中に設定することによってZ方向3極照明を行うことができる。Z方向2極照明用の第2回折光学素子8aは、平行光束が入射した場合に、そのファーフールドにZ方向に沿って間隔を隔てた2極状の光強度分布を形成する機能を有する。

[0031] したがって、第2回折光学素子8aを介した光束は、マイクロレンズアレイ10の入射面に、たとえば光軸AXを中心としてZ方向に沿って間隔を隔てた2極状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面には、図2(b)に示すように、光軸AXを中心とした円形状の実質的な面光源31aと、光軸AXを中心としてZ方向

に沿って間隔を隔てた2つの円形状の実質的な面光源31cとからなるZ方向3極状の二次光源(31a, 31c)が形成される。

[0032] また、4極照明用の第2回折光学素子8b(不図示)を照明光路中に設定することによって5極照明を行うことができる。4極照明用の第2回折光学素子8bは、平行光束が入射した場合に、そのファーフールドに4極状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、第2回折光学素子8bを介した光束は、マイクロレンズアレイ10の入射面に、たとえば光軸AXを中心とした4極状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面には、図3(a)に示すように、光軸AXを中心とした円形状の実質的な面光源31aと、光軸AXを中心としてX方向に沿った一辺を有する正方形または長方形の各頂点の位置に配置された4つの円形状の実質的な面光源31dとからなる5極状の二次光源(31a, 31d)が形成される。

[0033] また、輪帯照明用の第2回折光学素子8c(不図示)を照明光路中に設定することによって変形輪帯照明を行うことができる。輪帯照明用の第2回折光学素子8cは、平行光束が入射した場合に、そのファーフールドに輪帯状(円環状)の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、第2回折光学素子8cを介した光束は、マイクロレンズアレイ10の入射面に、たとえば光軸AXを中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ10の後側焦点面には、図3(b)に示すように、光軸AXを中心とした円形状の実質的な面光源31aと、光軸AXを中心とした輪帯状の実質的な面光源31eとからなる変形輪帯状の二次光源(31a, 31e)が形成される。

[0034] さらに、X方向2極照明用の第2回折光学素子8やZ方向2極照明用の第2回折光学素子8aや4極照明用の第2回折光学素子8bや輪帯照明用の第2回折光学素子8cに代えて、他の特性を有する第2回折光学素子を照明光路中に設定することによって、光軸AXから離れて形成される面光源の数および配置、並びに各面光源の形状および大きさを変化させることができる。

[0035] また、上述したように、第1回折光学素子7は、光軸AXを中心として比較的小さい円形状の実質的な面光源を形成して σ 値の比較的小さい円形照明を行うための回折光学素子、すなわち小 σ 照明用の回折光学素子を構成している。なお、小 σ 照明用の第1回折光学素子7に代えて、他の特性を有する第1回折光学素子を照明光路

中に設定することによって、光軸AXを中心とした比較的小さい面光源の形状および大きさを変化させることができる。

[0036] なお、第1実施形態では、光軸AXを中心として形成される面光源(31a)に達する光はS偏光であり、光軸AXから離れて形成される各面光源(31b〜31e)に達する光はP偏光である。ただし、第1回折光学素子7を偏光ビームスプリッター5とズームレンズ9との間の光路中に配置し、第2回折光学素子8を直角プリズム6とズームレンズ9との間の光路中に配置することにより、光軸AXを中心として形成される面光源に達する光はP偏光になり、光軸AXから離れて形成される各面光源に達する光はS偏光になる。

[0037] このように、第1回折光学素子7は、光源1からの光束を照明瞳面上の第1領域、具体的には光軸を含む領域に対応する第1断面形状の光束に変換するための第1光束変換素子を構成している。また、第2回折光学素子8は、光源1からの光束を照明瞳面上の第2領域、具体的には光軸から離れた輪帯状または複数極状の領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子を構成している。さらに、偏光ビームスプリッター5は、光源1からの光束を分割して、第1光束変換素子としての第1回折光学素子7および第2光束変換素子としての第2回折光学素子8へそれぞれ導くためのビームスプリッターを構成している。

[0038] 次に、第1プリズム組立体2および第2プリズム組立体3の作用について説明する。第1プリズム組立体2では、第1水晶プリズム2aの頂点方向と第1石英プリズム2bの頂点方向とが逆向きに設定され、第1水晶プリズム2aによる偏角作用を第1石英プリズム2bが補償(補正)するように構成されている。同様に、第2プリズム組立体3では、第2水晶プリズム3aの頂点方向と第2石英プリズム3bの頂点方向とが逆向きに設定され、第2水晶プリズム3aによる偏角作用を第2石英プリズム3bが補償(補正)するように構成されている。

[0039] なお、光源1としてKrFエキシマレーザ光源やArFエキシマレーザ光源を用いる場合、光源1から供給されたほぼ直線偏光の光が第1プリズム組立体2に入射する。この場合、特開2000-114157号公報に開示されているように、第2プリズム組立体3を固定した状態で第1プリズム組立体2だけを光軸AXを中心として回転させることに

より、第2プリズム組立体3からの射出光に含まれるP偏光成分とS偏光成分との強度比を連続的に変化させることができる。

- [0040] また、特願2003-336869号明細書および図面に提案されているように、第1水晶プリズム2aの結晶光学軸と第2水晶プリズム3aの結晶光学軸とが45度の角度をなすように設定することにより、第1プリズム組立体2への入射光の偏光状態にかかわらず、第2プリズム組立体3からの射出光を実質的に非偏光状態の光に変換することができる。このように、第1水晶プリズム2aと第2プリズム組立体3とは、偏光ビームスプリッター5への入射光の偏光状態を調整するための偏光状態調整手段を構成している。
- [0041] 偏光状態調整手段(2, 3)の作用により偏光ビームスプリッター5への入射光の偏光状態が変化すると、偏光ビームスプリッター5で反射されるS偏光成分と偏光ビームスプリッター5を透過するP偏光成分との強度比が変化する。その結果、第1回折光学素子7を介して照明瞳面上において光軸AXを含むように形成される面光源(31a)に達する光の強度と、第2回折光学素子8を介して照明瞳面上において光軸AXから離れて形成される面光源(31b-31e)に達する光の強度との比が変化する。
- [0042] このように、偏光状態調整手段(2, 3)と偏光ビームスプリッター5とは、第1光束変換素子としての第1回折光学素子7を介して第1領域としての光軸AXを含む面光源(31a)に達する光の強度と、第2光束変換素子としての第2回折光学素子8を介して第2領域としての光軸AXから離れた面光源(31b-31e)に達する光の強度との比を変更するための強度変更手段を構成している。
- [0043] 以上のように、第1実施形態では、第1光束変換素子としての第1回折光学素子7を介して光軸AXを含む面光源(31a)が照明瞳面上に形成され、第2光束変換素子としての第2回折光学素子8を介して光軸AXから離れた面光源(31b-31e)が照明瞳面上に形成される。したがって、たとえば第1回折光学素子7を利用した小 σ 照明が適したパターンと第2回折光学素子8を利用した2極照明や4極照明や輪帯照明などが適したパターンとが混在するようなマスクパターンに適した照明条件、すなわち特性の異なる2種類のパターンが混在するようなマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件を、光量損失を抑えつつ実現することができる。
- [0044] また、第1実施形態では、強度変更手段(2, 3, 5)の作用により、第1回折光学素

子7を介して照明瞳面上において光軸AXを含むように形成される面光源(31a)に達する光の強度と、第2回折光学素子8を介して照明瞳面上において光軸AXから離れて形成される面光源(31bー31e)に達する光の強度との比を変更させることができる。したがって、第1回折光学素子7を利用した小 σ 照明における光強度と第2回折光学素子8を利用した2極照明や4極照明や輪帯照明などにおける光強度との比を適宜変化させて、光強度に関して多様性に富んだ照明条件を実現することができる。

[0045] また、第1実施形態では、第1光束変換素子としての第1回折光学素子7および第2光束変換素子としての第2回折光学素子8が、照明光路に対してそれぞれ交換可能に構成されている。したがって、X方向3極照明とZ方向3極照明と5極照明と変形輪帯照明との間で切り換えを行ったり、光軸AXから離れて形成される面光源の数および配置、並びに各面光源の形状および大きさを変化させたり、光軸AXを中心とした比較的小さい面光源の形状および大きさを変化させたりして、二次光源の形態に関して多様性に富んだ照明条件を実現することができる。

[0046] 図4は、本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。第2実施形態は、第1実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第2実施形態では、直角プリズム6と第1回折光学素子7との間の光路中に1/2波長板14が付設され、偏光ビームスプリッター5と第2回折光学素子8との間の光路中に1/2波長板15が付設され、第1回折光学素子7とズームレンズ9との間の光路中にプリズム組立体16が付設されている点が、第1実施形態と相違している。したがって、図4では、偏光ビームスプリッター5および直角プリズム6からマイクロレンズアレイ10までの構成だけを図示し、第1実施形態と同じ他の構成については図示を省略している。以下、第1実施形態との相違点に着目して、第2実施形態を説明する。

[0047] 第2実施形態では、直角プリズム6と第1回折光学素子7との間の光路中に、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成された1/2波長板14が配置されている。同様に、偏光ビームスプリッター5と第2回折光学素子8との間の光路中には、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成された1/2波長板15が配置されている。また、第1回折光学素子7とズームレンズ9との間の光路中には、くさび形状

の水晶プリズム16aと、この水晶プリズム16aと相補的な形状を有するくさび形状の石英プリズム16bとにより一体的に構成されたプリズム組立体16が配置されている。

[0048] プリズム組立体16は、光軸AXを中心として回転可能に構成されている。また、プリズム組立体16では、水晶プリズム16aの頂点方向と石英プリズム16bの頂点方向とが逆向きに設定され、水晶プリズム16aによる偏角作用を石英プリズム16bが補償(補正)するように構成されている。プリズム組立体16では、入射する直線偏光の偏光面に対して水晶プリズム16aの結晶光学軸の方向が45度の角度をなすように設定することにより、プリズム組立体16からの射出光が実質的に非偏光状態の光に変換される。一方、入射する直線偏光の偏光面に対して水晶プリズム16aの結晶光学軸の方向が0度または90度の角度をなすように設定すると、入射した直線偏光の偏光面が変化することなくそのままプリズム組立体16を通過する。

[0049] こうして、1/2波長板14は、直角プリズム6と第1回折光学素子7との間の光路中、ひいては偏光ビームスプリッター5と第1光束変換素子としての第1回折光学素子7との間の光路中に配置されて、入射する直線偏光(すなわちS偏光)の偏光面の方向を変化させるための第1位相板を構成している。また、1/2波長板15は、偏光ビームスプリッター5と第2光束変換素子としての第2回折光学素子8との間の光路中に配置されて、入射する直線偏光(すなわちP偏光)の偏光面の方向を変化させるための第2位相板を構成している。また、プリズム組立体16は、第1回折光学素子7とズームレンズ9との間の光路中、ひいては第1位相板としての1/2波長板14とズームレンズ9との間の光路中に配置されて、入射する直線偏光の光を非偏光の光に変換するための偏光解消素子を構成している。

[0050] 第2実施形態では、1/2波長板14とプリズム組立体16との協働作用により、第1回折光学素子7を介して照明瞳面上において光軸AXを含むように形成される面光源(31a)に達する光の偏光状態を、任意の方向に偏光面を有する直線偏光または非偏光の光に設定することができる。また、1/2波長板15の作用により、第2回折光学素子8を介して照明瞳面上において光軸AXから離れて形成される面光源(31b〜31e)に達する光の偏光状態を、任意の方向に偏光面を有する直線偏光の光に設定することができる。

- [0051] このように、偏光ビームスプリッター5と1/2波長板14と1/2波長板15とプリズム組立体16とは、第1光束変換素子としての第1回折光学素子7を介して第1領域としての光軸AXを含む面光源(31a)に達する光、および第2光束変換素子としての第2回折光学素子8を介して第2領域としての光軸AXから離れた面光源(31b-31e)に達する光のうちの少なくとも一方の偏光状態を変更するための偏光状態変更手段を構成している。
- [0052] また、偏光状態変更手段(5, 14, 15, 16)と第1回折光学素子7と第2回折光学素子8とは、照明瞳面上の第1領域としての光軸AXを含む面光源(31a)の偏光状態と、照明瞳面上の第2領域としての光軸AXから離れた面光源(31b-31e)の偏光状態とを独立に制御するための偏光状態制御手段を構成している。こうして、第2実施形態では、上述した第1実施形態の作用効果に加えて、光軸AXから離れて形成される面光源の偏光状態と光軸AXを含む面光源の偏光状態とを互いに独立に適宜変化させて、二次光源の偏光状態に関して多様性に富んだ照明条件を実現することができる。
- [0053] なお、上述の第2実施形態では、第1位相板としての1/2波長板14を、直角プリズム6と第1回折光学素子7との間の光路中に配置している。しかしながら、これに限定されることなく、たとえば第1回折光学素子7とズームレンズ9との間の光路中に1/2波長板14を配置することもできる。また、上述の第2実施形態では、第2位相板としての1/2波長板15を、偏光ビームスプリッター5と第1回折光学素子8との間の光路中に配置している。しかしながら、これに限定されることなく、たとえば第2回折光学素子8とズームレンズ9との間の光路中に1/2波長板15を配置することもできる。
- [0054] また、上述の第2実施形態では、偏光解消素子としてのプリズム組立体16を、第1回折光学素子7とズームレンズ9との間の光路中に配置している。しかしながら、これに限定されることなく、第1位相板としての1/2波長板14と第1回折光学素子7との間の光路中にプリズム組立体16を配置することもできる。あるいは、第2回折光学素子8とズームレンズ9との間の光路中または第2位相板としての1/2波長板15と第2回折光学素子8との間の光路中にプリズム組立体16を配置することもできる。あるいは、1/2波長板14とズームレンズ9との間の光路および1/2波長板15とズームレン

ズ9との間の光路の双方に、偏光解消素子としてのプリズム組立体を配置することもできる。

[0055] 図5は、第1実施形態の変形例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。図5の変形例は、第1実施形態と類似の構成を有するが、偏光ビームスプリッター5と第1回折光学素子7との間の光路が第1実施形態と相違している。以下、第1実施形態との相違点に着目して、図6の変形例を説明する。

[0056] 図5の変形例では、直角プリズム6の反射面を振幅分割面(典型的にはハーフミラー)とし、一对のミラー17aおよび17bを付設することにより振幅分割面を透過する光に関して迂回光路を形成し、この迂回光路に沿って導かれた光を振幅分割面にて反射される光と概略一致するように振幅分割面へ再入射させている。この構成により、偏光ビームスプリッター5にて反射される光(すなわちS偏光の光)に関する時間的干渉性を低減することができる。

[0057] 図6は、第2実施形態の変形例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の要部構成を概略的に示す図である。図6の変形例は、第2実施形態と類似の構成を有するが、直角プリズム6と第1回折光学素子7との間の光路中に1/2波長板14が付設されているだけで、1/2波長板15およびプリズム組立体16の配置が省略されている点が第2実施形態と相違している。以下、第2実施形態との相違点に着目して、図6の変形例を説明する。

[0058] 図6の変形例では、偏光ビームスプリッター5で反射されたS偏光の光が、直角プリズム6を介して、1/2波長板14に入射する。1/2波長板14を介してP偏光に変換された光は、第1回折光学素子7をおよびズームレンズ9を介して、P偏光状態でマイクロレンズアレイ10の入射面に達する。一方、偏光ビームスプリッター5を透過したP偏光の光は、第2回折光学素子8およびズームレンズ9を介して、P偏光状態のままマイクロレンズアレイ10の入射面に達する。

[0059] このように、図6の変形例では、偏光ビームスプリッター5により入射光を偏光方向により分割し、位相部材としての1/2波長板14を用いて偏光ビームスプリッター5の反射光の偏光状態を偏光ビームスプリッター5の透過光の偏光状態と合致させた後、光路合成光学系としてのズームレンズ9(あるいはコンデンサーレンズ)を介して偏光ビ

ームスプリッター5の反射光と透過光とを合成している。その結果、たとえば偏光ビームスプリッター5よりも上流の光路中に配置され且つ複屈折性の蛍石により形成された光透過部材の影響により、偏光ビームスプリッター5への入射光の偏光状態が経時的に変動することがあっても、ズームレンズ9を介して合成された後の光の偏光状態を常に一定に維持することができる。

[0060] なお、上述の実施形態では、入射する直線偏光の偏光面の方向を変化させるための部材として波長板(位相部材)を用いている。しかしながら、入射する直線偏光の偏光面の方向を変化させるための部材としては波長板に限定されることなく、旋光子を用いてもよい。ここで、旋光子としては、たとえば水晶から形成された旋光子を用いることができる。また、第2実施形態において、1/2波長板15に代えて、たとえば特開2003-35822号公報およびこれに対応する米国特許公開第2002/176166A号公報に開示される偏光器を適用してもよい。これにより、第2回折光学素子8を介して照明瞳面上において光軸AXから離れて形成される面光源(31b-31e)に達する光の偏光状態を、光軸AXを中心とした円周方向に偏光面を持つ偏光(接線偏光)に設定することができる。なお、この接線偏光器を照明光路から挿脱可能に設けることが好ましい。なお、ここでは、米国特許公開第2002/176166A号公報を参照として援用する。

[0061] なお、上述の実施形態では、マスクMへの照明光(ひいてはウェハWへの露光光)の偏光状態が経時的に変化することは様々な観点から好ましくない。このため、偏光ビームスプリッター5よりもマスクM側に配置される光学部材としては、光の偏光状態を変化させない光学部材のみを配置すること、すなわち例えば蛍石により形成された光透過部材を配置しないことが好ましい。また、上述の実施形態では2つの光束変換素子を用いたが、光束変換素子の数は2つには限定されない。3つ以上の光束変換素子を用いるときには、光源部からの光束を3分岐以上に分割すればよい。

[0062] また、上述の実施形態において、投影光学系PLとして屈折型投影光学系だけではなく、反射屈折型投影光学系や反射型投影光学系を用いることもできる。たとえば反射屈折型投影光学系として、光路を偏向するための光路折曲げミラーを備えたオフ・アクシス反射屈折型光学系を適用した例を変形例として図7-図9に示す。

- [0063] 図7(a)は、光軸から外れた領域に視野領域または投影領域(像形成領域)を有するオフ・アクシス反射屈折型光学系として、物体の第1中間像を形成する屈折型の第1結像光学系G1と、第1中間像の像としての第2中間像(2次像)を形成する反射屈折型の第2結像光学系G2と、第2中間像の像を最終像(3次像)として像面上に形成する屈折型の第3結像光学系G3とを備えた投影光学系PLを備えた露光装置の一部を概略的に示す図である。図7(a)においては、照明光学装置として、オプティカルインテグレータとしてのマイクロレンズアレイ10からマスクブラインド12の像を結像する結像光学系13までを図示している。図7(a)に示す変形例の照明光学装置において、上述の各実施形態の照明光学装置とは異なる点は、照明光学装置の光軸と投影光学系PLの光軸とは共軸ではなく、投影光学系PLの視野領域のほぼ中心に照明光学装置の光軸が位置している点である。
- [0064] また、図7(b)は、オフ・アクシス反射屈折型光学系として、物体の第1中間像を形成する反射屈折型の第1結像光学系(G1, G2)と、第1中間像の像としての最終像(2次像)を像面上に形成する屈折型の第2結像光学系G3とを備えた投影光学系PLを備えた露光装置の一部を概略的に示す図である。なお、図7(b)において、投影光学系PL以外の構成は図7(a)と同様であるので、ここでは説明を省略する。
- [0065] なお、図7(a)に示したオフ・アクシス型の反射屈折投影光学系としては、たとえば米国特許公開第2003/0011755号公報や国際公開WO2004/019128号公報に開示されており、図7(b)に示したオフ・アクシス型の反射屈折投影光学系としては、たとえば米国特許第5805334号公報や米国特許公開第2002/0039175号公報に開示されている。ここでは、米国特許公開第2003/0011755号公報、国際公開WO2004/019128号公報、米国特許第5805334号公報および米国特許公開第2002/0039175号公報を参照として援用する。
- [0066] このような光路折曲げミラーFMを備えた投影光学系PLを備えた露光装置において、偏光結像、特に像面に対してS偏光となる直線偏光(光軸を中心とした円周偏光)で結像させる場合において、マスクに対してS偏光となる直線偏光でマスクを照明したときに、光路折曲げミラーの特性によって、V偏光(像面において図中X方向に振動面を持つ直線偏光)またはH偏光(像面において図中Y方向に振動面を持つ直線

偏光)の偏光度の劣化具合と、 ± 45 度偏光(像面において図中X方向に対して ± 45 度方向に振動面を持つ直線偏光)または ± 135 度偏光(像面において図中X方向に対して ± 135 度方向に振動面を持つ直線偏光)の偏光度の劣化具合とが互いに異なることがある。

[0067] このとき、たとえば光源部からの光束を4分岐に分割して4つの光束変換素子を用い、それぞれの光束変換素子によってV偏光、H偏光、 ± 45 度偏光および ± 135 度偏光に対応する光束を生成して、光路折曲げミラーを経た後でも像面に対してS偏光となるように各々の光束の偏光度を調整すればよい。以下、図8、図9を参照して、V偏光、H偏光、 ± 45 度偏光および ± 135 度偏光などの偏光状態を各々独立に変更することのできる偏光状態変更手段の変形例を説明する。

[0068] 図8(a)は4分割型の偏光状態変更手段の斜視図であり、図8(b)は第1のYZ断面図、図8(c)はXY断面図、そして図8(d)は第2のYZ断面図である。なお、図8に示す偏光状態変更手段は、たとえば図1に示した実施形態の偏光状態変更手段(5〜6)または図4に示した実施形態の変更状態変更手段(5, 14〜16)の位置に配置されるものであるので、偏光状態変更手段の光源側の光路の説明および光束変換素子の集光光学系側の光路の説明は省略する。

[0069] 図8において、偏光状態変更手段は、第1の偏光ビームスプリッター17、第2の偏光ビームスプリッター19a、第3の偏光ビームスプリッター19b、第1の直角プリズム20a、第2の直角プリズム20b、第3の直角プリズム23、第1位相板としての $1/2$ 波長板18a、第2位相板としての $1/2$ 波長板18b、第3位相板としての $1/2$ 波長板21a、第4位相板としての $1/2$ 波長板22a、第5位相板としての $1/2$ 波長板21b、および第6位相板としての $1/2$ 波長板22bを備えている。ここで、 $1/2$ 波長板18a, 18b, 21a, 21b, 22a, 22bはそれぞれ図中Y軸回りに回転可能である。なお、図8(a)では、第1〜第4光束変換素子としての第1〜第4回折光学素子24a〜25bの図示を省略している。

[0070] さて、図示なき偏光状態調整手段(図1における第1および第2プリズム組立体2, 3)からの光は、第1の偏光ビームスプリッター17により偏光分離され、第1の偏光ビームスプリッター17を透過したP偏光(偏光ビームスプリッター17の偏光分離面に対す

るP偏光:X方向に振動面を持つ直線偏光)は、第1位相板としての1/2波長板18aを介して、第2の偏光ビームスプリッター19aに入射する。第2の偏光ビームスプリッター19aで偏光分離された光のうち、偏光分離面を透過した光は、第2の偏光ビームスプリッター19aから射出されて第3位相板としての1/2波長板21aへ向かう。一方、第2の偏光ビームスプリッター19aの偏光分離面にて反射された光は第1の直角プリズム20aを介して第4位相板としての1/2波長板22aへ向かう。このとき、第2の偏光ビームスプリッター19aの偏光分離面で2分岐される光の光量比は、第1位相板としての1/2波長板18aの光軸(Y軸)回りの回転角によって適切な値に設定される。

[0071] 一方、第1の偏光ビームスプリッター17にて反射したS偏光(偏光ビームスプリッター17の偏光分離面に対するS偏光:Z方向に振動面を持つ直線偏光)は、第3の直角プリズム23にて反射された後、第2位相板としての1/2波長板18bを介して、第3の偏光ビームスプリッター19bに入射する。第3の偏光ビームスプリッター19bで偏光分離された光のうち、偏光分離面を透過した光は、第3の偏光ビームスプリッター19bから射出されて第5位相板としての1/2波長板21bへ向かう。一方、第3の偏光ビームスプリッター19bの偏光分離面にて反射された光は、第2の直角プリズム20bを介して第6位相板1/2波長板22bへ向かう。このとき、第3の偏光ビームスプリッター19bの偏光分離面で2分岐される光の光量比は、第2位相板としての1/2波長板18bの光軸(Y軸)回りの回転角によって適切な値に設定される。

[0072] 図9は、オプティカルインテグレータとしてのマイクロレンズアレイ10の後側焦点面に形成される照明瞳面での光強度分布を説明するための図である。図9に示すように、本変形例では、多極照明としての8極照明を行っている。ここで、図8に示した第1光束変換素子としての第1回折光学素子24aからの光束は面光源31fを形成し、第2光束変換素子としての第2回折光学素子25aからの光束は面光源31gを形成し、第3光束変換素子としての第3回折光学素子24bからの光束は面光源31hを形成し、第4光束変換素子としての第4回折光学素子25bからの光束は面光源31iを形成している。なお、図9では、各々の面光源31f〜31iに到達する光の偏光方向を矢印で図示しており、面光源31fではV偏光、面光源31gではH偏光、面光源31hでは±45度方向偏光、面光源31iでは±135度方向偏光となっている。

- [0073] そして、図8に示した第3ー第6位相板としての1／2波長板21aー22bの光軸(Y軸)回りの回転角を適宜設定することにより、第1ー第4光束変換素子としての第1ー第4回折光学素子24aー25bへ入射する偏光方向を独立に設定することができ、ひいては各々の面光源31fー31iからの光束の偏光方向を独立に設定することができる。これにより、投影光学系PL中の光路折曲げミラーを経た後でも像面に対してS偏光となるように各々の面光源からの光束の偏光方向、ひいては偏光状態を調整することができる。
- [0074] なお、第3ー第6位相板としての1／2波長板21aー22bに隣接して1／4波長板を光軸(Y軸)回りに回転可能に設ければ、各々の面光源31fー31iからの光束の偏光度、ひいては偏光状態を独立に調整することもできる。また、第1ー第4回折光学素子24aー25bの近傍の光路に、図4に示したプリズム組立体16を挿脱可能に設けてもよい。
- [0075] 上述の実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク(レチクル)を照明し(照明工程)、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する(露光工程)ことにより、マイクロデバイス(半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等)を製造することができる。以下、上述の実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図10のフローチャートを参照して説明する。
- [0076] 先ず、図10のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、上述の実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが

製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

[0077] また、上述の実施形態の露光装置では、プレート(ガラス基板)上に所定のパターン(回路パターン、電極パターン等)を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図11のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図11において、パターン形成工程401では、上述の実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板(レジストが塗布されたガラス基板等)に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

[0078] 次に、カラーフィルター形成工程402では、R(Red)、G(Green)、B(Blue)に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル(液晶セル)を組み立てる。

[0079] セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル(液晶セル)を製造する。その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル(液晶セル)の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

[0080] なお、上述の実施形態では、露光光としてKrFエキシマレーザー光やArFエキシマレーザー光を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なレーザー光源、たとえば

波長157nmのレーザ光を供給するF₂レーザ光源などに対して本発明を適用することもできる。さらに、上述の実施形態では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

[0081] また、上述の実施形態において、投影光学系と感光性基板との間の光路中を1.1よりも大きな屈折率を有する媒体(典型的には液体)で満たす手法、所謂液浸法を適用しても良い。この場合、投影光学系と感光性基板との間の光路中に液体を満たす手法としては、国際公開番号WO99/49504号公報に開示されているような局所的に液体を満たす手法や、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる手法や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する手法などを採用することができる。なお、ここでは国際公開番号WO99/49504号公報を参照として援用する。

[0082] なお、液体としては、露光光に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系や基板表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なものを用いることが好ましく、たとえばKrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光を露光光とする場合には、液体として純水、脱イオン水を用いることができる。また、露光光としてF₂レーザ光を用いる場合は、液体としてはF₂レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル(PFPE)等のフッ素系の液体を用いればよい。

符号の説明

[0083] 1 レーザ光源
2, 3 プリズム組立体(偏光状態調整手段)
2a, 3a 水晶プリズム
2b, 3b 石英プリズム
4 ビームマッチングユニット
5 偏光ビームスプリッター
6 直角プリズム
7, 8 回折光学素子

9 ズームレンズ

10 マイクロレンズアレイ

11 コンデンサー光学系

12 マスクブラインド

13 結像光学系

14, 15 $1/2$ 波長板

16 プリズム組立体(偏光解消素子)

16a 水晶プリズム

16b 石英プリズム

M マスク

PL 投影光学系

W ウェハ

請求の範囲

- [1] 光源部からの光束に基づいて被照射面を照明する照明光学装置において、
前記光源部からの光束の光路中に配置されて、前記光束を第1断面形状の光束に変換する第1光束変換素子と、
前記光源部からの光束の光路中に配置されて、前記光束を第2断面形状の光束に変換する第2光束変換素子と、
前記第1光束変換素子からの前記第1断面形状の光束と前記第2光束変換素子からの前記第2断面形状の光束との光路中に配置されて、前記第1断面形状の光束を前記照明光学装置の照明瞳面上の第1領域へ導くと共に、前記第2断面形状の光束を前記照明瞳面上の前記第1領域とは異なる第2領域へ導く集光光学系と、
前記光源部と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、前記第1領域に達する光束の偏光状態と前記第2領域に達する光束の偏光状態とを独立に制御するための偏光状態変更手段を備えていることを特徴とする照明光学装置。
- [2] 前記偏光状態変更手段は、前記光源部と前記第1光束変換素子との間の光路中であって前記光源部と前記第2光束変換素子との間の光路中に配置されて、前記光源部からの光束を分割して前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子へそれぞれ導くビームスプリッターを備えていることを特徴とする請求項1に記載の照明光学装置。
- [3] 前記ビームスプリッターは偏光ビームスプリッターを備えていることを特徴とする請求項2に記載の照明光学装置。
- [4] 前記偏光状態変更手段は、前記偏光ビームスプリッターと前記第1光束変換素子との間の光路中または前記第1光束変換素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、入射する直線偏光の偏光面の方向を変化させるための第1偏光面可変手段と、
前記偏光ビームスプリッターと前記第2光束変換素子との間の光路中または前記第2光束変換素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、入射する直線偏光の偏光面の方向を変化させるための第2偏光面可変手段とをさらに備えていることを特徴とする請求項3に記載の照明光学装置。

- [5] 前記第1光束変換素子を介して前記第1領域に達する光の強度と前記第2光束変換素子を介して前記第2領域に達する光の強度との比を変更するための強度変更手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [6] 前記強度変更手段は、前記光源部と前記第1光束変換素子との間の光路中であつて前記光源部と前記第2光束変換素子との間の光路中に配置されて、前記光源部からの光束を分割して前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子へそれぞれ導く偏光ビームスプリッターと、
前記光源部と前記偏光ビームスプリッターとの間の光路中に配置されて、前記偏光ビームスプリッターへの入射光の偏光状態を調整するための偏光状態調整手段とを備えていることを特徴とする請求項5に記載の照明光学装置。
- [7] 前記第1光束変換素子は、前記第1光束変換素子とは異なる特性を有する別の光束変換素子と交換可能であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [8] 前記第2光束変換素子は、前記第2光束変換素子とは異なる特性を有する別の光束変換素子と交換可能であることを特徴とする請求項7に記載の照明光学装置。
- [9] 前記集光光学系と前記被照射面との間の光路中に配置されたオプティカルインテグレータをさらに備えていることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [10] 前記第1領域は前記照明瞳面上において光軸を含む領域であり、前記第2領域は前記照明瞳面上において前記光軸から離れた領域であることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [11] 被照射面を照明する照明光学装置において、
照明瞳面上の第1領域の偏光状態と前記照明瞳面上の第2領域の偏光状態とを独立に制御するための偏光状態制御手段を備えていることを特徴とする照明光学装置。
- [12] 前記偏光状態制御手段は、
光源部からの光束を前記第1領域に対応する第1断面形状の光束に変換するため

の第1光束変換素子と、

前記光源部からの光束を前記第2領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子と、

前記光源部からの光束を分割して前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子へそれぞれ導くためのビームスプリッターと、

前記第1光束変換素子を介して前記第1領域に達する光および前記第2光束変換素子を介して前記第2領域に達する光のうちの少なくとも一方の偏光状態を変更するための偏光状態変更手段とを有することを特徴とする請求項11に記載の照明光学装置。

[13] 前記偏光状態変更手段は、

前記ビームスプリッターとしての偏光ビームスプリッターと、

前記偏光ビームスプリッターと前記第1光束変換素子との間の光路中または前記第1光束変換素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光面の方向を変化させるための第1偏光面可変手段と、

前記偏光ビームスプリッターと前記第2光束変換素子との間の光路中または前記第2光束変換素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光面の方向を変化させるための第2偏光面可変手段とを有することを特徴とする請求項12に記載の照明光学装置。

[14] 前記偏光状態変更手段は、前記第1偏光面可変手段と前記照明瞳面との間の光路中または前記第2偏光面可変手段と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の光を非偏光の光に変換するための偏光解消素子をさらに有することを特徴とする請求項13に記載の照明光学装置。

[15] 前記偏光解消素子は、光軸を中心として結晶光学軸が回転自在に構成されたくさび形状の水晶プリズムを有することを特徴とする請求項14に記載の照明光学装置。

[16] 前記第1光束変換素子を介して前記第1領域に達する光の強度と前記第2光束変換素子を介して前記第2領域に達する光の強度との比を変更するための強度変更手段をさらに備えていることを特徴とする請求項12乃至15のいずれか1項に記載の照明光学装置。

- [17] 前記強度変更手段は、前記ビームスプリッターとしての偏光ビームスプリッターと、該偏光ビームスプリッターへの入射光の偏光状態を調整するための偏光状態調整手段とを有することを特徴とする請求項16に記載の照明光学装置。
- [18] 前記偏光状態調整手段は、前記光源部と前記偏光ビームスプリッターとの間の光路中に配置されて、光軸を中心として結晶光学軸が回転自在に構成された一对のくさび形状の水晶プリズムを有することを特徴とする請求項17に記載の照明光学装置。
- [19] 前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子は照明光路に対してそれぞれ交換可能に構成されていることを特徴とする請求項12乃至18のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [20] 前記第1領域は前記照明瞳面上において光軸を含む領域であり、前記第2領域は前記照明瞳面上において前記光軸から離れた領域であることを特徴とする請求項11乃至19のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [21] 前記第2領域は輪帯状または複数極状であることを特徴とする請求項11乃至20のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [22] 前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子からの光束に基づいて前記照明瞳面に二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、
前記オプティカルインテグレータからの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系とをさらに備えていることを特徴とする請求項12乃至21のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [23] 被照射面を照明する照明光学装置において、
光源部からの光束を照明瞳面上の第1領域に対応する第1断面形状の光束に変換するための第1光束変換素子と、
前記光源部からの光束を前記照明瞳面上の第2領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子と、
前記光源部からの光束を分割して前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子へそれぞれ導くためのビームスプリッターと、
前記第1光束変換素子を介して前記第1領域に達する光の強度と前記第2光束変換素子を介して前記第2領域に達する光の強度との比を変更するための強度変更手

段とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

- [24] 前記強度変更手段は、前記ビームスプリッターとしての偏光ビームスプリッターと、該偏光ビームスプリッターへの入射光の偏光状態を調整するための偏光状態調整手段とを有することを特徴とする請求項23に記載の照明光学装置。
- [25] 前記偏光状態調整手段は、前記光源部と前記偏光ビームスプリッターとの間の光路中に配置されて、光軸を中心として結晶光学軸が回転自在に構成された一对のくさび形状の水晶プリズムを有することを特徴とする請求項24に記載の照明光学装置。
- [26] 前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子は照明光路に対してそれぞれ交換可能に構成されていることを特徴とする請求項23乃至25のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [27] 前記第1領域は前記照明瞳面上において光軸を含む領域であり、前記第2領域は前記照明瞳面上において前記光軸から離れた領域であることを特徴とする請求項23乃至26のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [28] 前記第2領域は輪帯状または複数極状であることを特徴とする請求項23乃至27のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [29] 前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子からの光束に基づいて前記照明瞳面に二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、
前記オプティカルインテグレータからの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系とをさらに備えていることを特徴とする請求項23乃至28のいずれか1項に記載の照明光学装置。
- [30] 被照射面を照明する照明光学装置において、
光源部からの光束を照明瞳面上の第1領域に対応する第1断面形状の光束に変換するための第1光束変換素子と、
前記光源部からの光束を前記照明瞳面上の第2領域に対応する第2断面形状の光束に変換するための第2光束変換素子とを備え、
前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子は照明光路に対してそれぞれ交換可能に構成されていることを特徴とする照明光学装置。
- [31] 前記光源部からの光束を分割して前記第1光束変換素子および前記第2光束変換

素子へそれぞれ導くためのビームスプリッターをさらに備えていることを特徴とする請求項30に記載の照明光学装置。

[32] 前記第1領域は前記照明瞳面上において光軸を含む領域であり、前記第2領域は前記照明瞳面上において前記光軸から離れた領域であることを特徴とする請求項30または31に記載の照明光学装置。

[33] 前記第2領域は輪帯状または複数極状であることを特徴とする請求項30乃至32のいずれか1項に記載の照明光学装置。

[34] 前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子からの光束に基づいて前記照明瞳面に二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、

前記オプティカルインテグレータからの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系とをさらに備えていることを特徴とする請求項30乃至33のいずれか1項に記載の照明光学装置。

[35] 光源部からの光束に基づいて被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源部と前記被照射面との間に配置されて、前記光源部からの光束の偏光状態の変動を防止する偏光変動解消手段を備え、

前記偏光変動解消手段は、前記光源部からの光束を偏光状態に応じて分割する偏光ビームスプリッターと、該偏光ビームスプリッターにより分割された光束の偏光状態を揃える偏光調整部材と、前記偏光ビームスプリッターにより分割された光束を合成する光束合成光学系とを有することを特徴とする照明光学装置。

[36] マスクを照明するための請求項1乃至35のいずれか1項に記載の照明光学装置を備え、前記マスクのパターンを感光性基板上に露光することを特徴とする露光装置。

[37] 前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影光学系を備えていることを特徴とする請求項36に記載の露光装置。

[38] 前記投影光学系は、光路折曲げミラーを備えていることを特徴とする請求項37に記載の露光装置。

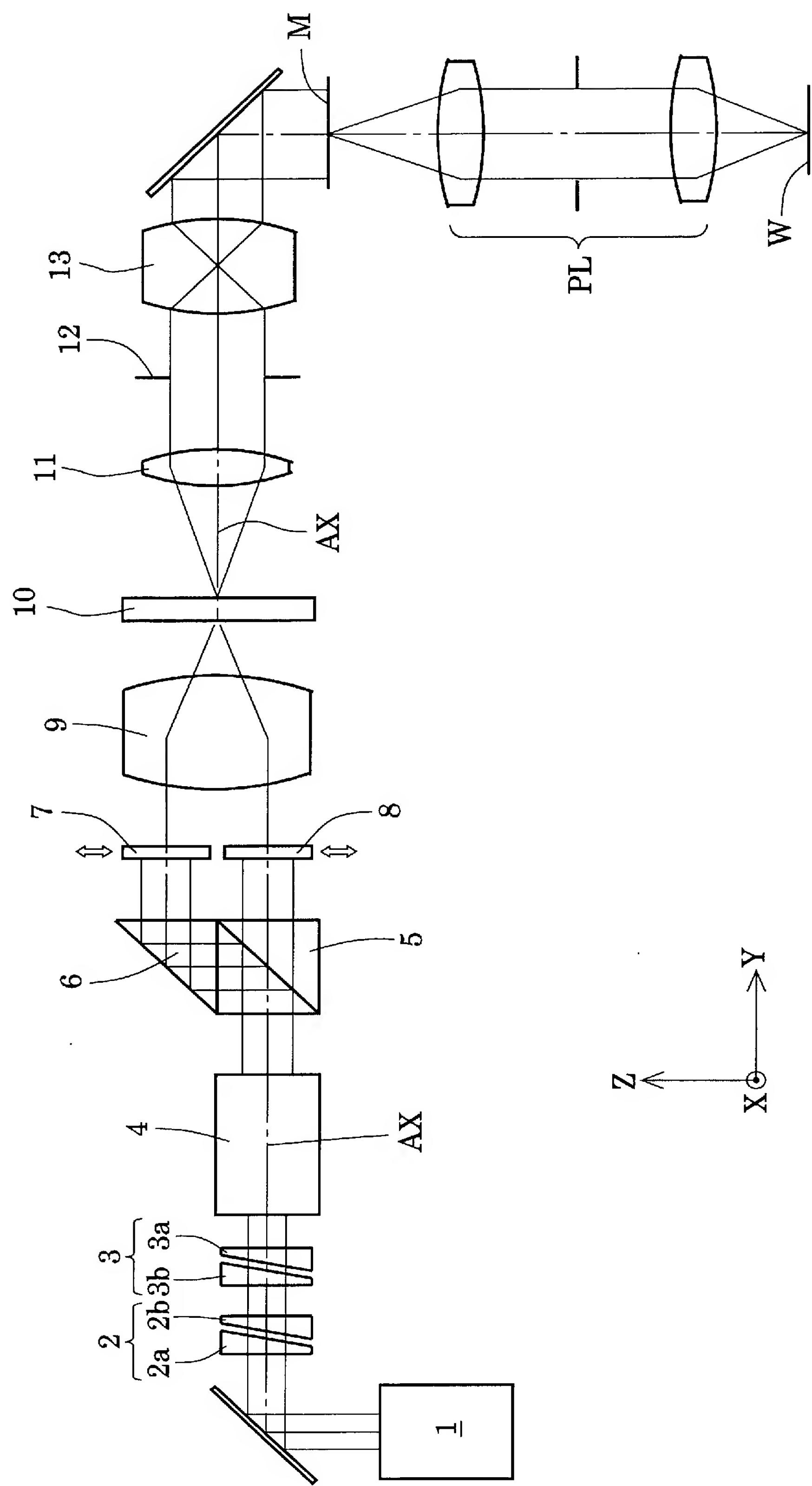
[39] 請求項1乃至35のいずれか1項に記載の照明光学装置を介してマスクを照明する照明工程と、

照明された前記マスクに形成されたパターンを感光性基板上に露光する露光工程

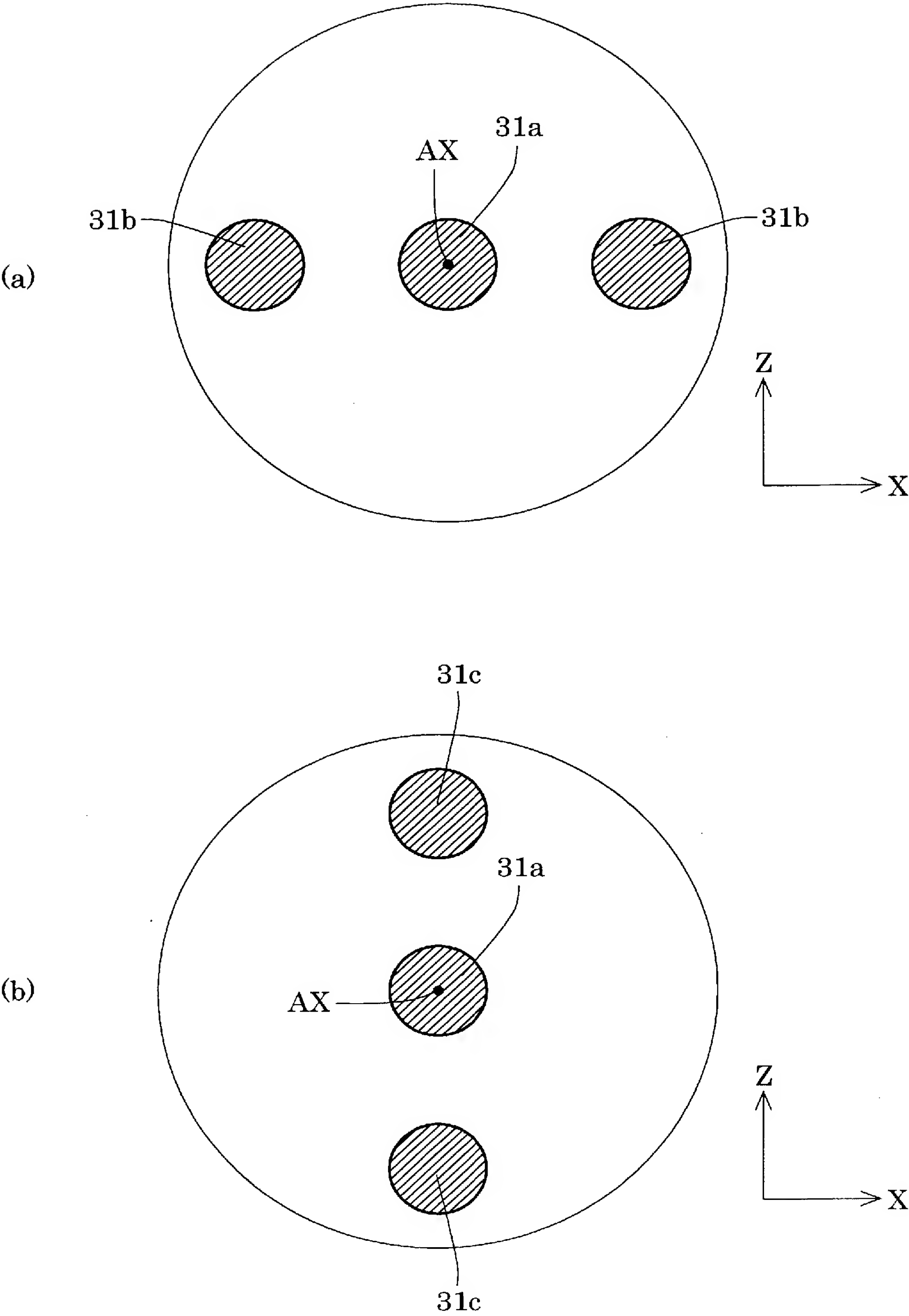
とを含んでいることを特徴とする露光方法。

- [40] 前記露光工程は、前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影工程を含んでいることを特徴とする請求項39に記載の露光方法。
- [41] 前記投影工程は、光路を折り曲げる光路折曲げ工程を含んでいることを特徴とする請求項40に記載の露光方法。

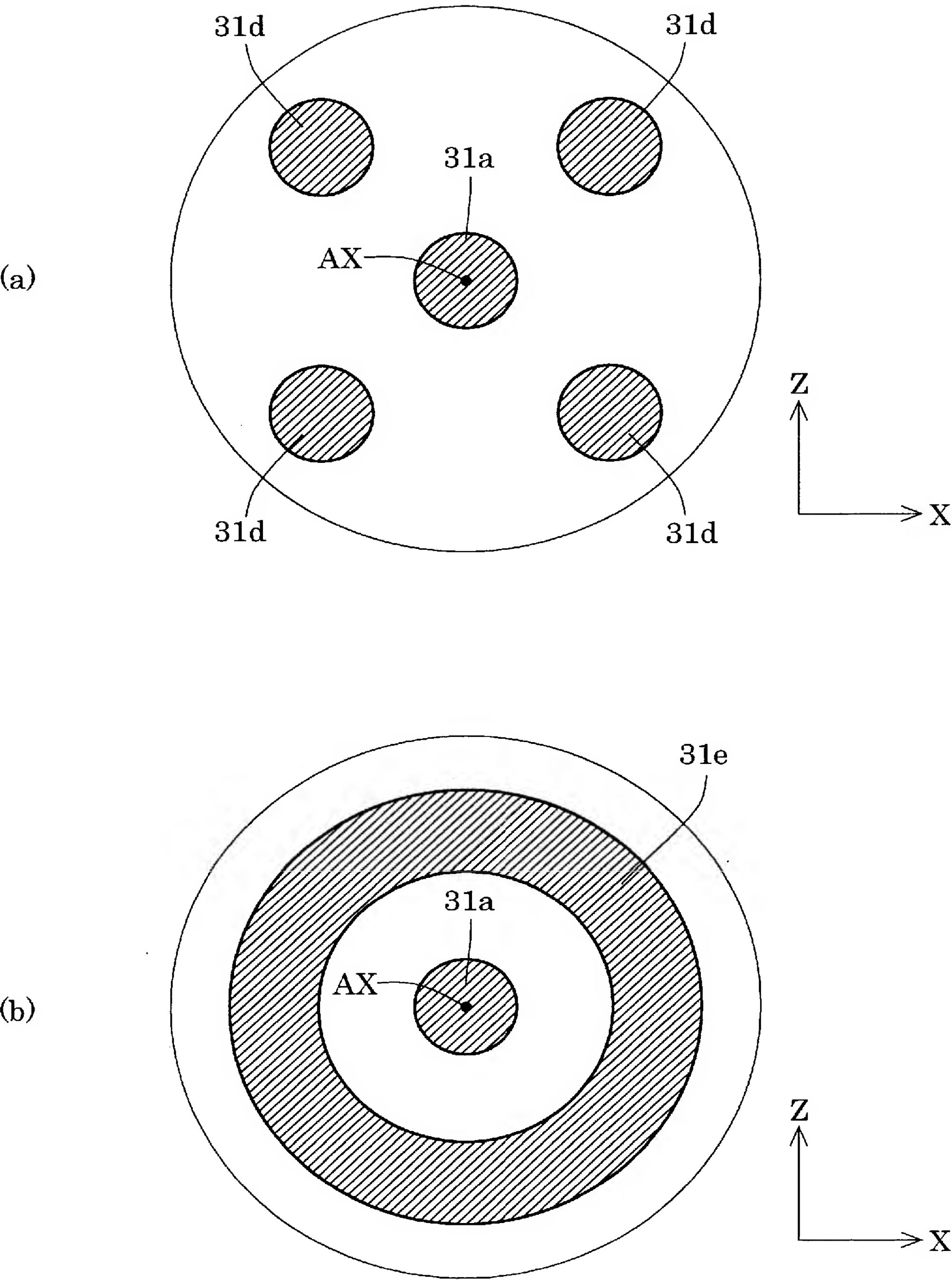
[図1]



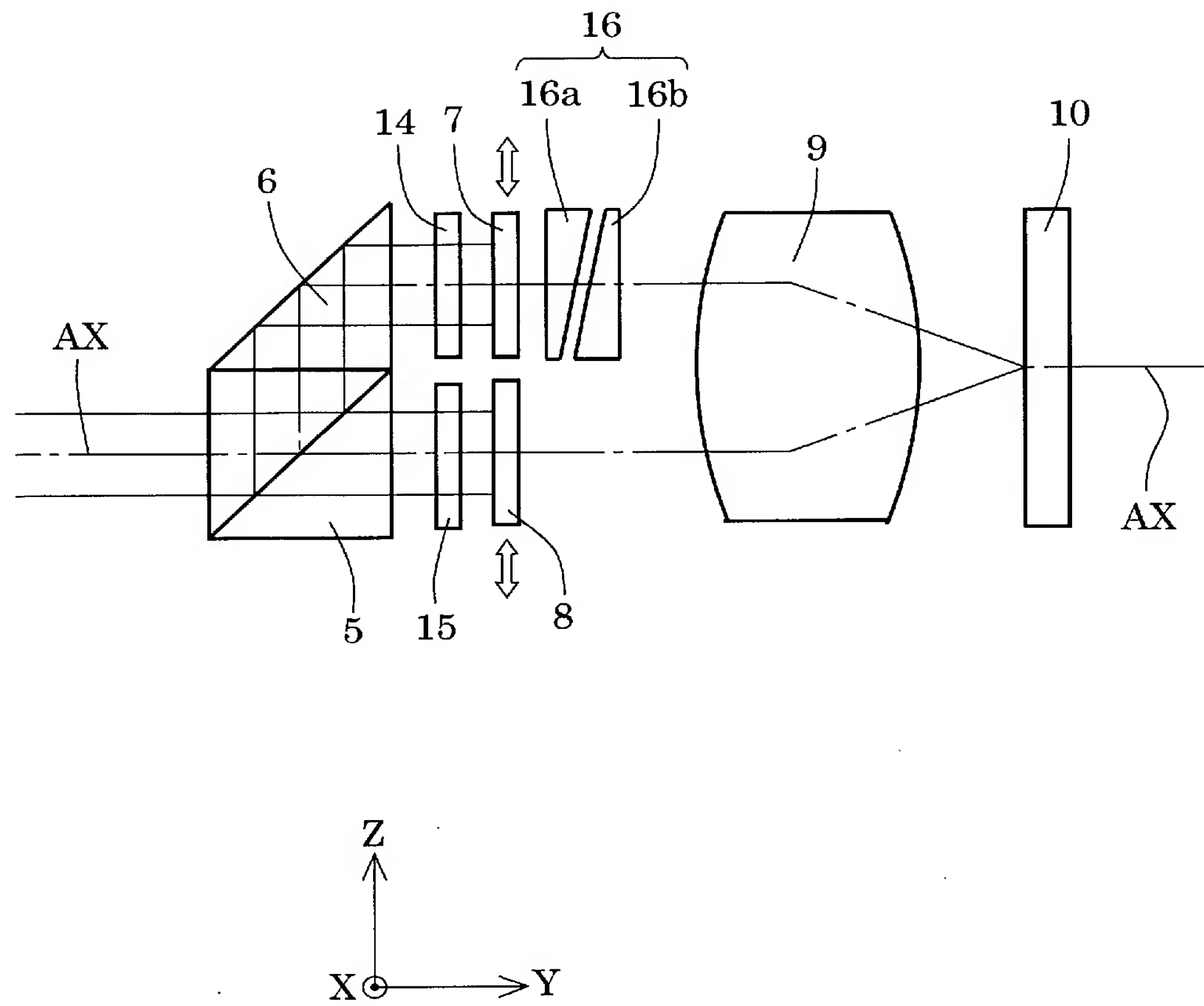
[図2]



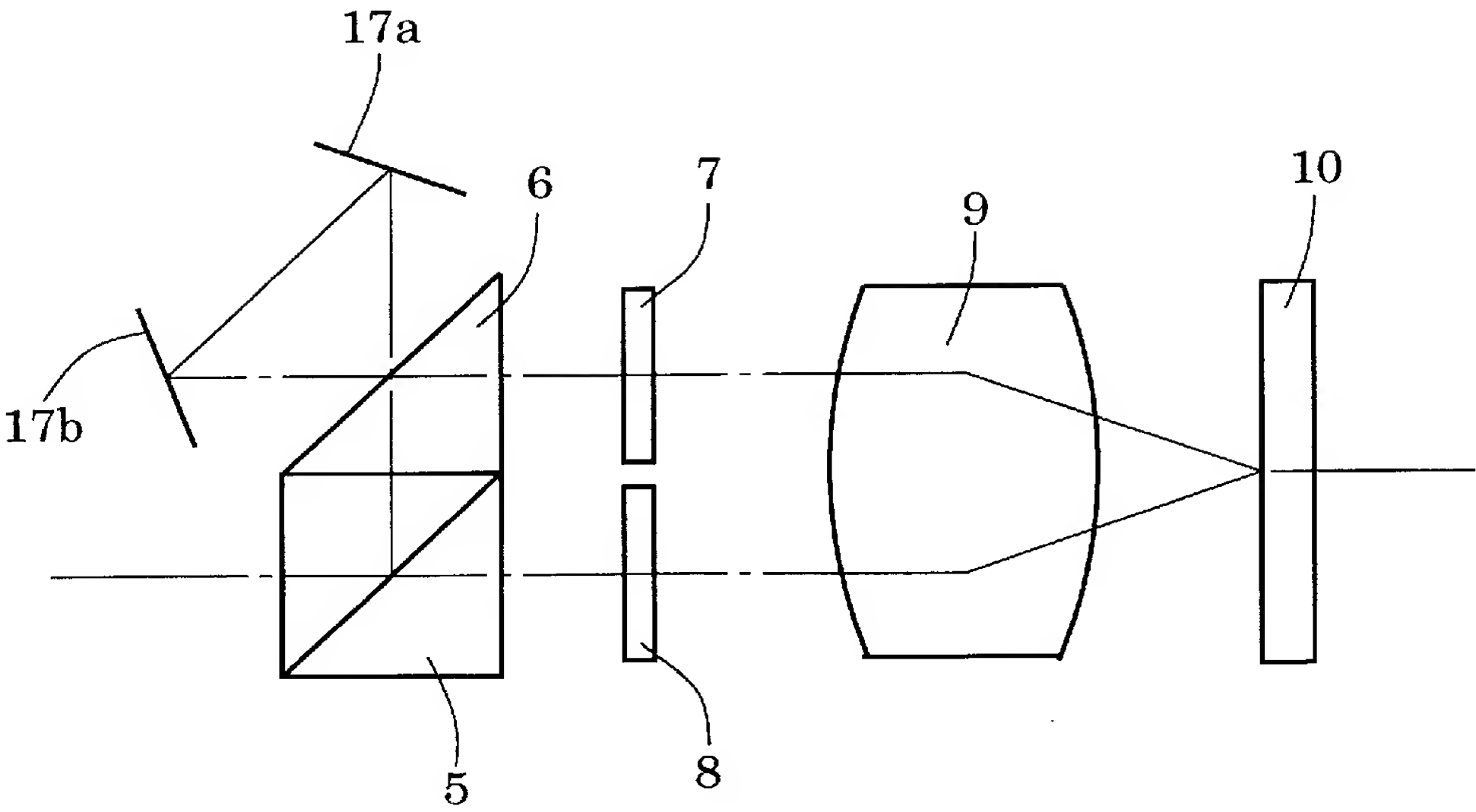
[図3]



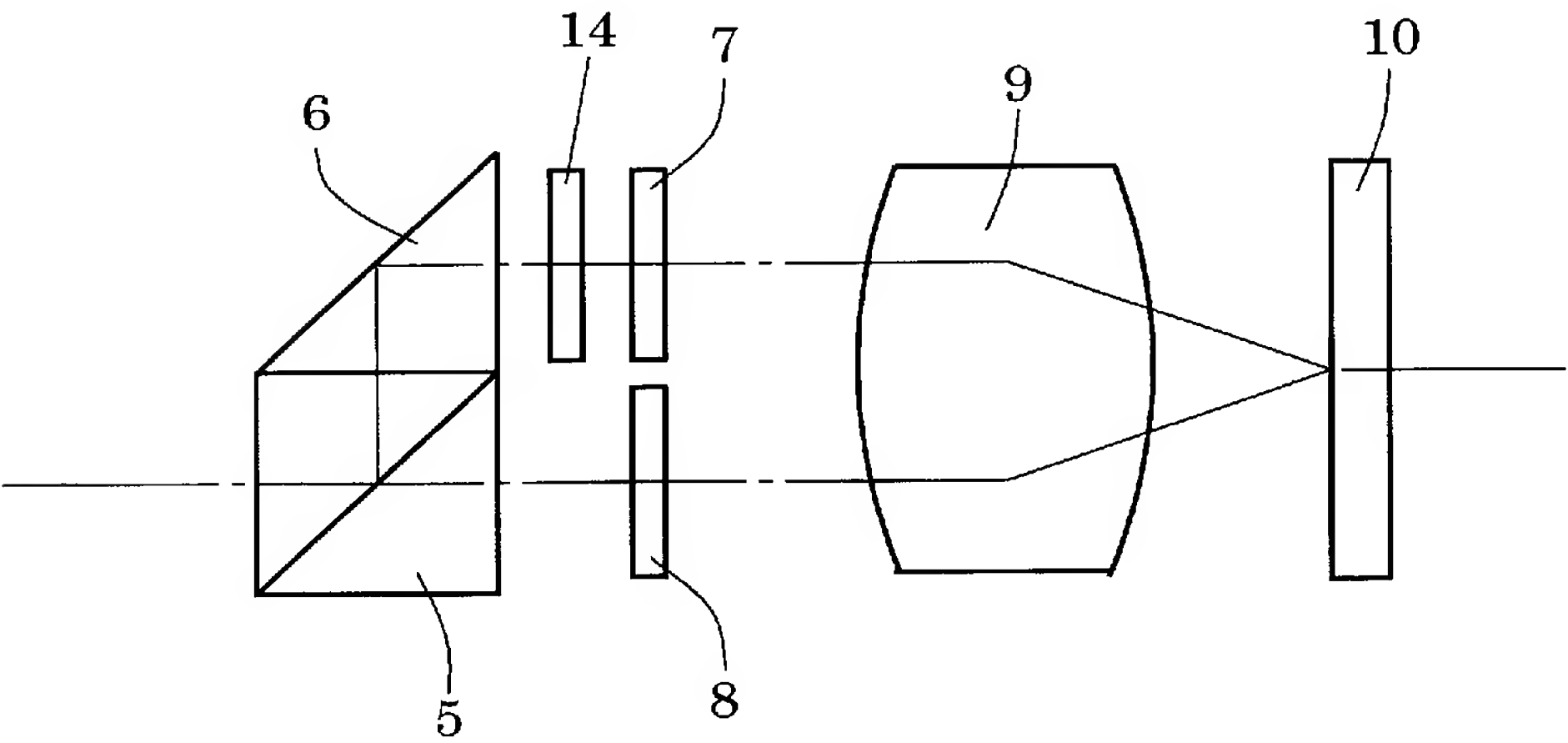
[図4]



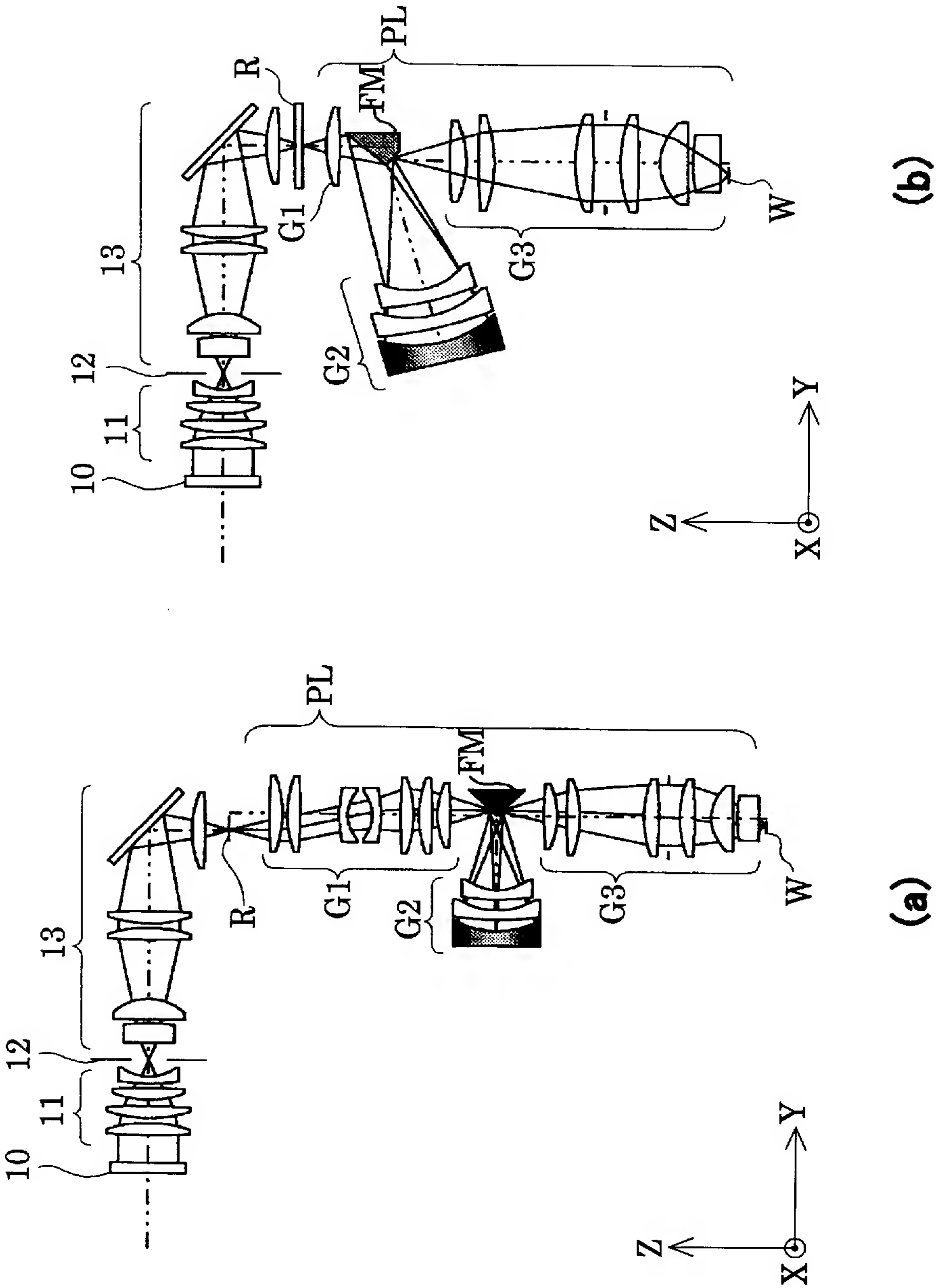
[図5]



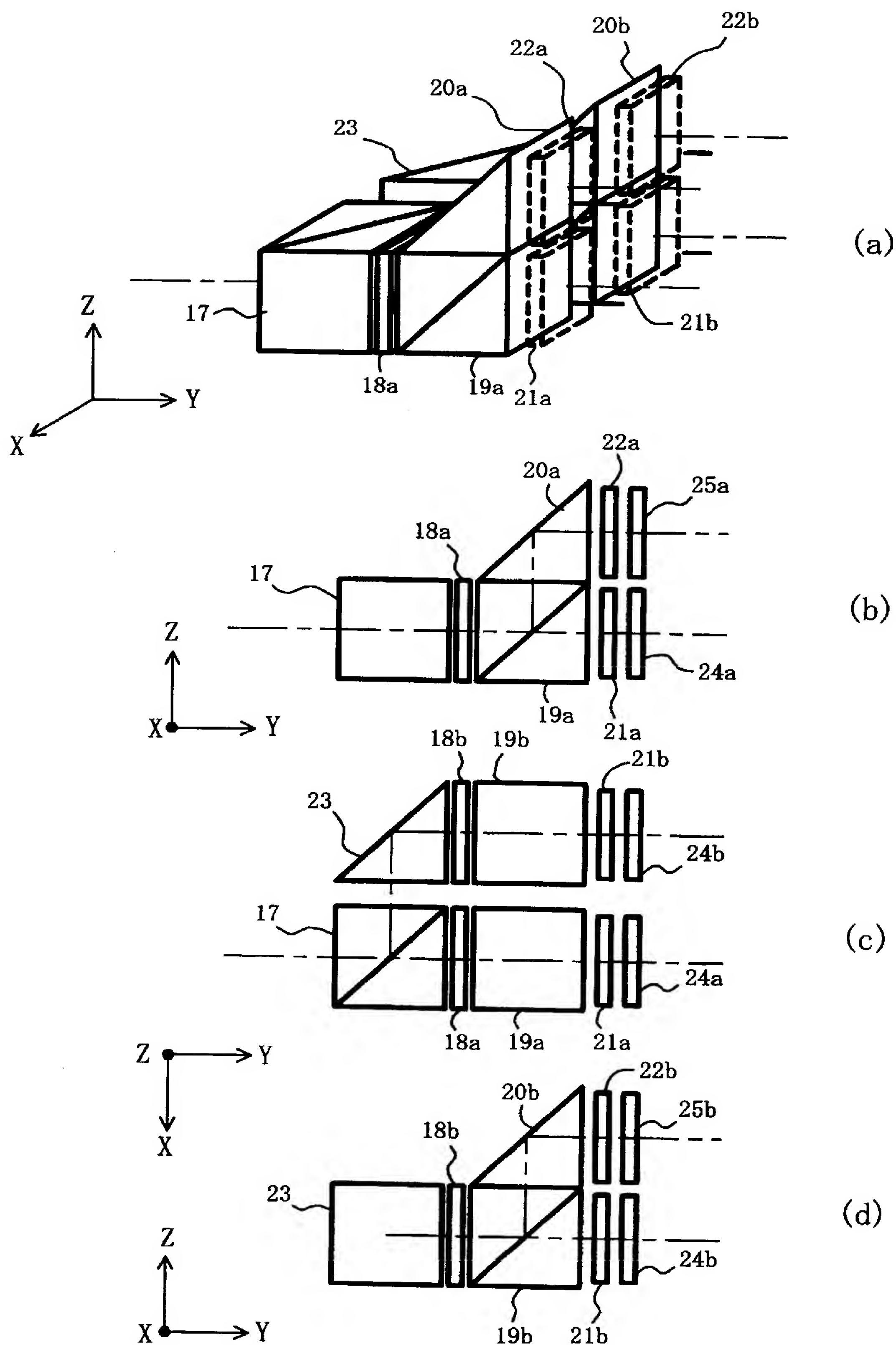
[図6]



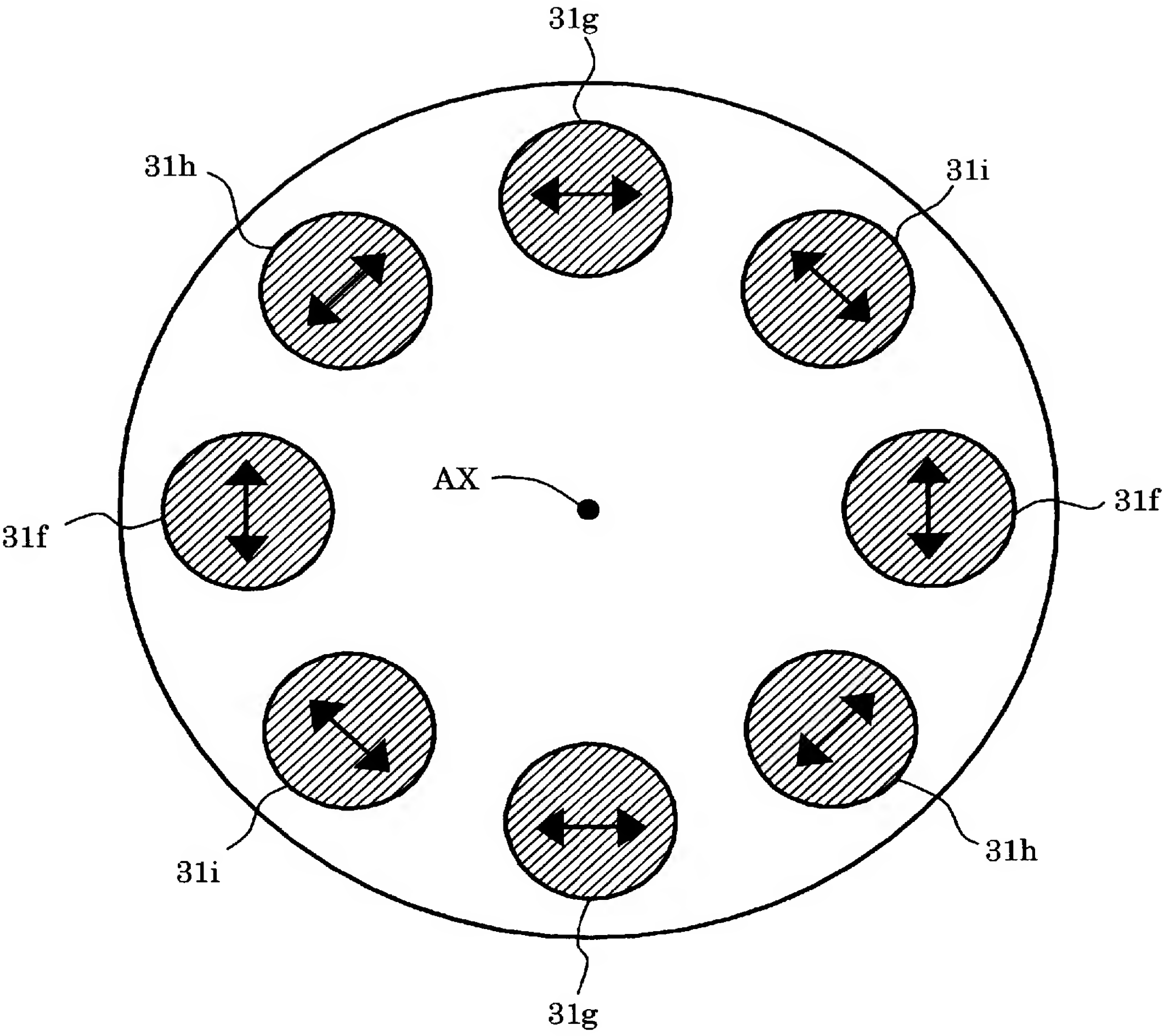
[図7]



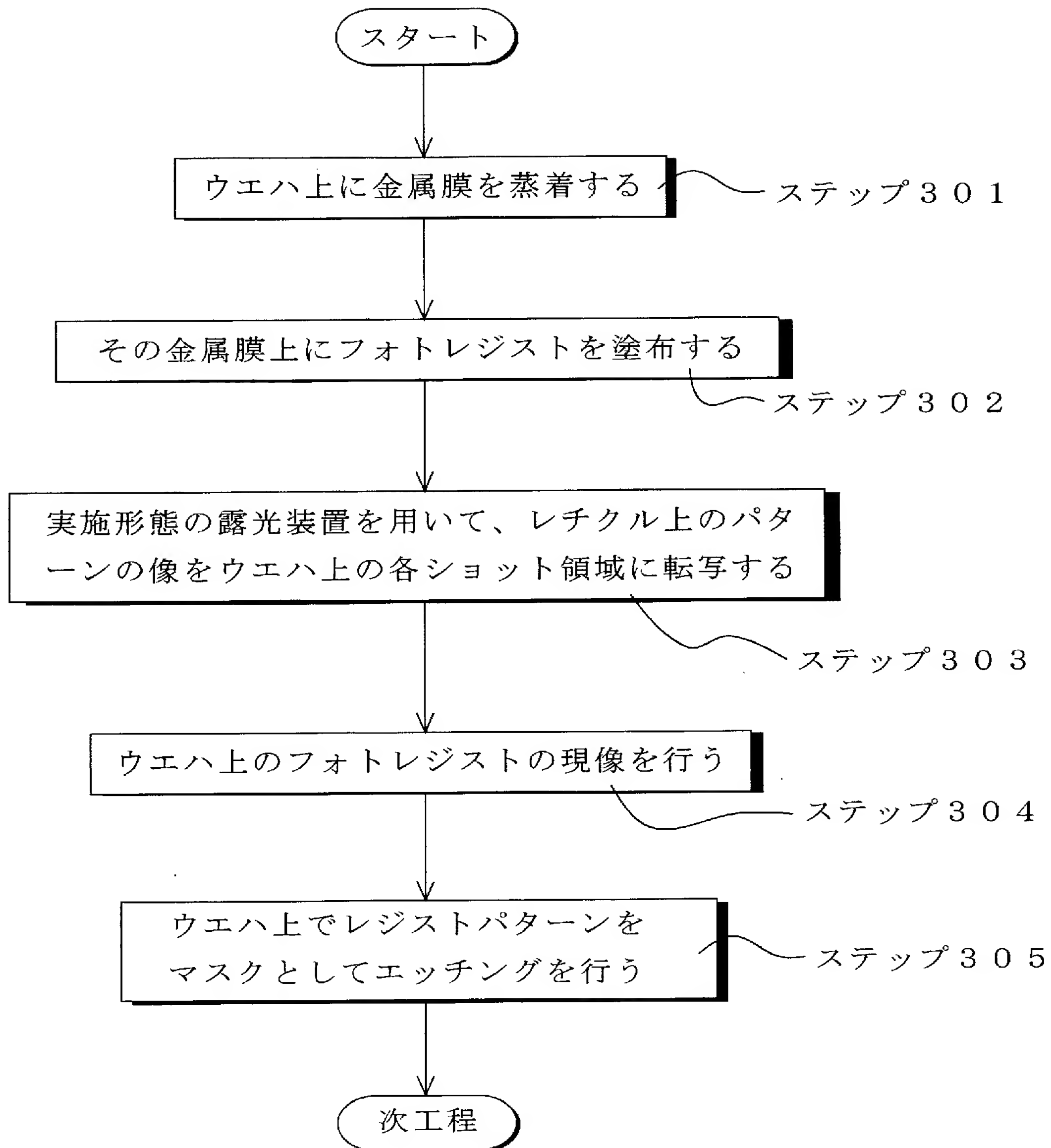
[図8]



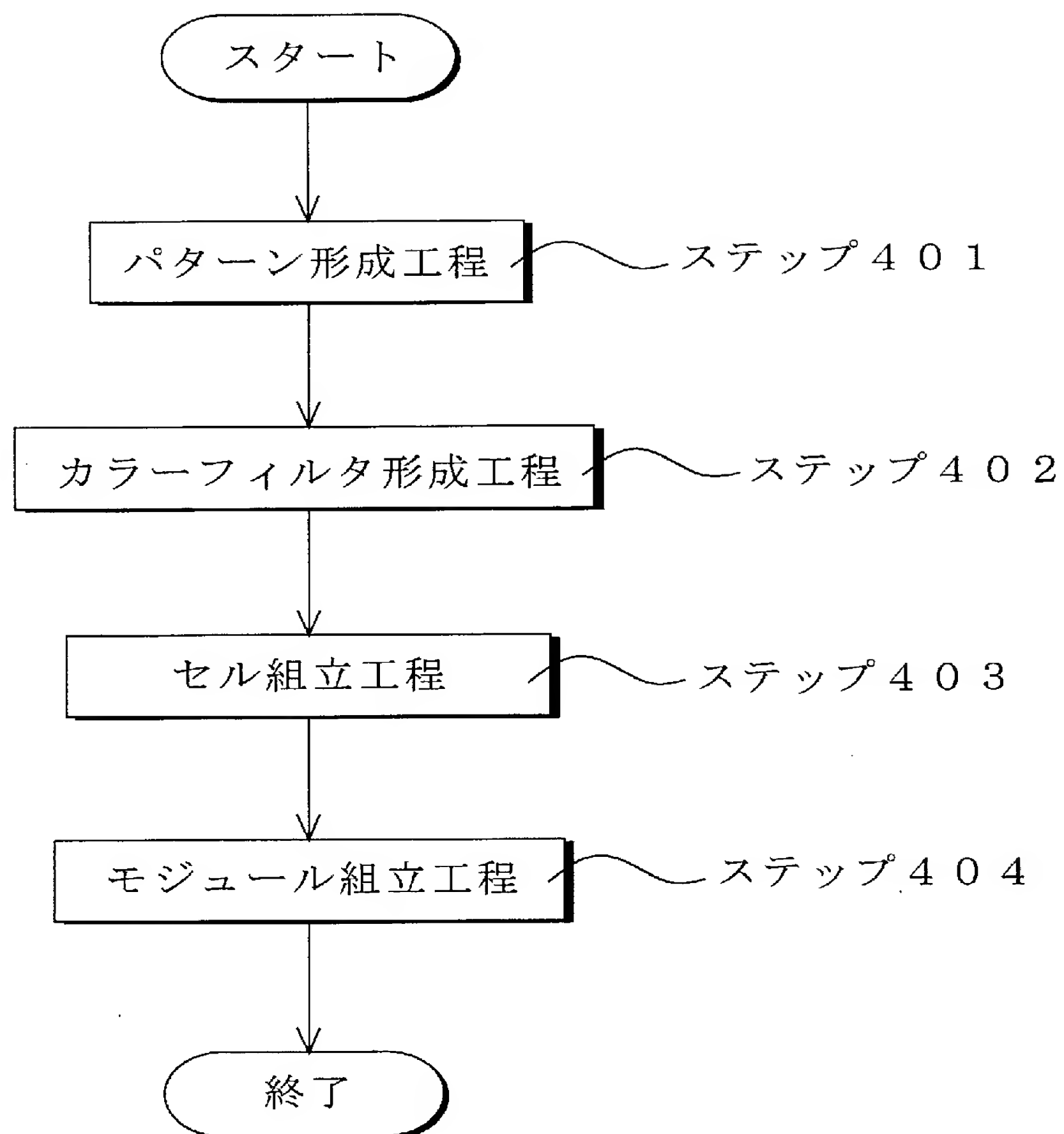
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014323

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 06-204121 A (Canon Inc.), 22 July, 1994 (22.07.94),	11-13, 16, 17, 19-24, 26-41
Y	Full text; (particularly, Par Nos. [0041], [0042], [0046]) (Family: none)	3-8, 14, 15, 18, 25
Y	JP 2003-090978 A (Canon Inc.), 28 March, 2003 (28.03.03), Full text; (particularly, Par Nos. [0027] to [0030]) (Family: none)	14, 15
Y	JP 2000-114157 A (Nikon Corp.), 21 April, 2000 (21.04.00), Full text (Family: none)	18, 25

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 January, 2005 (05.01.05)

Date of mailing of the international search report
25 January, 2005 (25.01.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014323

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 06-053120 A (Nikon Corp.), 25 February, 1994 (25.02.94), Full text; (particularly, Par Nos. [0034] to [0037]) (Family: none)	1, 2, 9, 10 3-8
A	JP 07-283121 A (Fujitsu Ltd.), 27 October, 1995 (27.10.95), Full text (Family: none)	1-41
A	JP 2002-359176 A (Canon Inc.), 13 December, 2002 (13.12.02), Full text & US 2002/196629 A1	1-41

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B19/00

B. 調査を行った分野
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl.⁷ H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 06-204121 A (キヤノン株式会社), 1994. 07. 22, 全文 (特に[0041], [0042], [0046]), (ファミリーなし)	11-13, 16, 17, 19-24, 26-41
Y		3-8, 14, 15, 1 8, 25
Y	JP 2003-090978 A (キヤノン株式会社), 2003. 03. 28, 全文 (特に[0027]-[0030]), (ファミリーなし)	14, 15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
05. 01. 2005

国際調査報告の発送日
25. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
佐藤 秀樹
2M 3154
電話番号 03-3581-1101 内線 6480

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-114157 A (株式会社ニコン), 2000.04.21, 全文, (ファミリーなし)	18, 25
X	JP 06-053120 A (株式会社ニコン), 1994.02.25, 全文 (特に[0034]-[0037]), (ファミリーなし)	1, 2, 9, 10
Y		3-8
A	JP 07-283121 A (富士通株式会社), 1995.10.27, 全文, (ファミリーなし)	1-41
A	JP 2002-359176 A (キヤノン株式会社), 2002.12.13, 全文, & US 2002/196629 A1	1-41